

О. Закалов, канд. техн. наук; А. Бортник

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ М'ЯСА У НОЖОВОМУ ПОДРІБНЮВАЧІ ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ

Проведено аналіз результатів дослідження затрат енергії на подрібнення різних сортів м'ясної сировини при різних швидкостях подрібнення. У результаті аналізу виявлено переваги та недоліки процесу подрібнення при певних параметрах. Запропоновано заходи щодо зменшення енергоспоживання подрібнювачів м'яса.

O. Zakalov, A. Bortnyk

RESEARCH OF PROCESS OF GRINDING MEAT IN A KNIVES GRINDER OF PERIODIC ACTION

The analysis of results of research at expenses of energy on grinding of different grades of meat raw material at different speeds of grinding was spent. As a result of the analysis it was revealed advantages and lacks of process of grinding at the certain parameters. Actions for reduction the consumption of energy in grinders of meat are offered.

Основною складовою для виготовлення варених ковбас, паштетів та інших ковбасних виробів є тонкоподрібнений фарш. Отримання такого фаршу неможливе без застосування спеціального технологічного обладнання для подрібнення м'яса. Найбільш поширеним обладнанням для тонкого подрібнення м'ясної сировини є ножові подрібнювачі періодичної дії.

Подрібнення м'ясної сировини у подрібнювачах періодичної дії є одним з найбільш енергомістких процесів у ковбасному виробництві, оскільки при протіканні процесу подрібнення на високих швидкостях ріжучому інструменту необхідно подолати значні сили міжмолекулярної взаємодії матеріалу, а також сили тертя та адгезії.

Якість готового продукту та енергоспоживання подрібнювальної машини у значній мірі залежить від умов, у яких здійснюється подрібнення. Тому актуальним питанням на сьогодні є пошук шляхів зменшення енергомісткості процесу подрібнення та покращення якості фаршу. З позиції ресурсозбереження, даний процес досліджений недостатньо, що призводить до нераціонального використання енергії, яка витрачається на подрібнення, зниження якості готової продукції. Тому проблема зменшення енергомісткості технологічних процесів для економіки України в наш час і на найближчу перспективу є досить актуальними. Для оптимізації режимів подрібнення необхідні комплексні дослідження процесів подрібнення м'ясної сировини у ножових подрібнювачах.

На енерговитрати, в процесі різання м'яса, впливають наступні фактори: товщина леза ножа, глибина його занурення, чистота поверхні ножа, кут його загострення, швидкість різання та фізико-механічні властивості продукту, що розрізається. Врахування всіх факторів, які впливають на енерговитрати при різанні, має вирішальне значення при розробці конструкцій робочих органів технологічного обладнання для подрібнення м'ясної сировини [1].

Загальновідомо, що на ефективність різання впливає його кінематика, яка визначається швидкостями руху точок леза. Досвід експлуатації машин для подрібнення м'ясної сировини свідчить, що з цілого ряду причин при великих потенційних можливостях техніко-економічні показники різання не відповідають сучасним вимогам, тому що ефективність використання залежить від багатьох факторів: рівня організації виробництва; рівня технологічної підготовки сировини; технічного стану машини; характеристики робочих органів; правильності вибору і призначення оптимального режиму подрібнення...

Вирішення поставлених завдань можливе на основі ретельного вивчення суті

процесів, що відбуваються під час подрібнення м'яса. В сучасних дослідженнях процесів подрібнення знаходять застосування аналітичні та експериментальні методи, які є складовою частиною теоретичної механіки, теорії різання, теорії механізмів і машин, динаміки машин, математичної статистики тощо.

Питанням подрібнення м'яса присвячені роботи О.І.Пелєєва, А.А.Іванова, Т.В.Чіжікової, М.М.Кліменка, А.В.Горбатова, А.М.Познишева [2, 3, 4] та ін.

Умови деформації м'ясної сировини, що відповідають необхідній якості подрібнення, визначають вимоги до конструктивних та геометричних параметрів різального інструменту. Деформація м'яса при різанні залежить від кута загострення ріжучої частини інструменту, від кінематичних та динамічних характеристик системи машина – інструмент – матеріал, що впливають на ефективність подрібнення, оскільки вони обумовлюють витрати енергії на тертя і пластичні деформації [4].

Для дослідження процесу подрібнення в певному діапазоні швидкостей розроблено ножовий подрібнювач періодичної дії, який зображено на рис. 1.

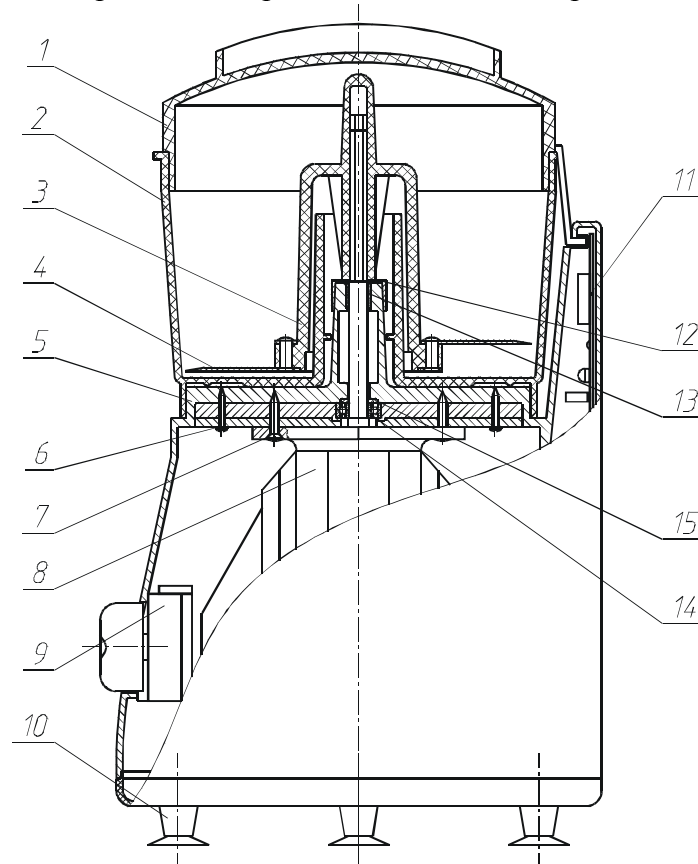


Рисунок 1 – Дослідна установка – подрібнювач ножовий періодичної дії.

1 – кришка; 2 – чаша; 3 – ножова головка; 4 – ножі; 5 – корпус; 6, 7 – шурупи кріплення електродвигуна; 8 – електродвигун; 9 – перемикач діапазонів; 10 – опорна ножка; 11 – електрична схема; 12 – ковпачок; 13 – підшипник ковзання; 14 – підшипник кочення; 15 – шайба

Подрібнювач складається з корпусу 5, в якому змонтований однофазний колекторний електродвигун змінного струму 8. Для утримання подрібненого продукту у зоні різання служить чаша 2 об'ємом 0,5 л. На вертикальний вал двигуна 8 змонтована ножова головка 3 з двома ножами 4. Для забезпечення руху та переміщення сировини у робочій зоні ножі на ножовій головці змонтовані з певним зміщенням площини різання. Для закривання активної зони подрібнювача від навколишнього середовища служить кришка 1 із запобіжним механізмом.

Ріжучі робочі органи мають серпоподібну форму у вигляді спіралі Архімеда з ріжучою кромкою, загостреною під кутом 16° .

При роботі подрібнювача сировина завантажується в чашу 2. При цьому коефіцієнт завантаження чаші для запобігання перевантаження не повинен

перевищувати 0,6. Для роботи подрібнювача необхідно закрити чашу кришкою 1. При цьому замикається відповідний запобіжний кінцевий вимикач ВК (рис.2).

На рис. 2 зображено електричну схему живлення електродвигуна ножового подрібнювача. Схема розрахована на живлення від мережі 220 В.

Схема передбачає два режими роботи електродвигуна: при напрузі 110 та 220 В, за рахунок чого число обертів двигуна змінюється від 500 до 1000 об/хв. Перемикання режимів роботи можливе за допомогою перемикача ПМ. Кінцевий вимикач ВК призначений для запобігання увімкнення подрібнювача при відкритій кришці 1.

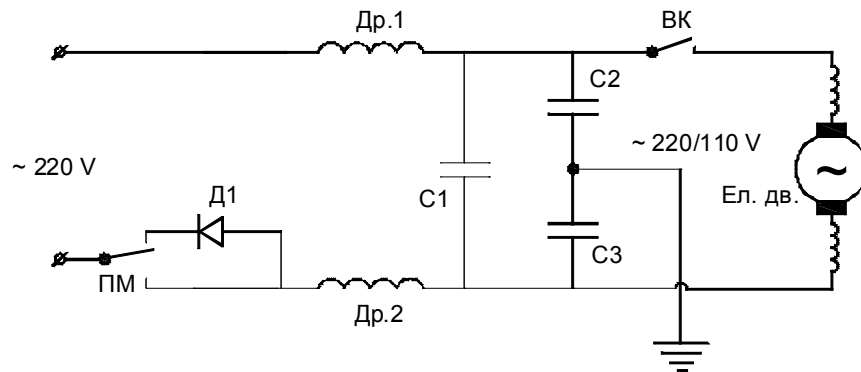


Рисунок 2 – Електрична схема живлення електродвигуна ножового подрібнювача періодичної дії:
Др.1, Др.2 – дроселі марки 4R8K; ПМ - перемикач режимів роботи; С1 – конденсатор 0,22 мкФ;
С2, С3 – конденсатори 220 пФ; ВК – кінцевий вимикач; Д1 – діод марки КД202К

Було проведено серію дослідів з використанням трьох видів м'ясної сировини з різним вмістом сполучної тканини. Зокрема, для дослідження використано свинину трьох сортів: пісну – з вмістом жирової і сполучної тканини до 10%; напівжирну – з вмістом жирової і сполучної тканини до 30%; жирну – з вмістом жирової і сполучної тканини до 50%.

Експериментальні дослідження передбачали визначення зміни потужності від часу в процесі подрібнення за рахунок вимірювання змiну струму та напруги через певні рівні проміжки часу (у нашому випадку 5 с). Загальна тривалість процесу подрібнення становить 3...3,5 хв. За цей час фарш у чаші подрібнювача досягає однорідної консистенції, а споживана потужність виходить в усталений режим.

На рисунку 3 зображено графіки залежності величини струму в мережі та напруги на клеммах електродвигуна в залежності від часу проведення процесу подрібнення при частоті обертів $n = 500$ об/хв.

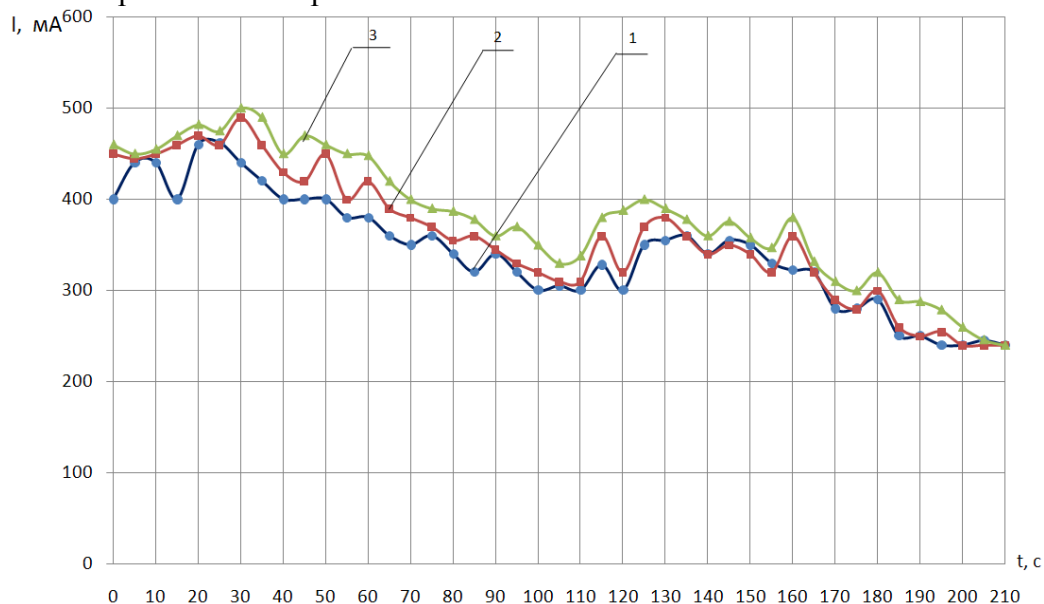


Рисунок 3 – Графіки залежності величини струму I від часу t при подрібненні свинини пісної – 1 (—●—), напівжирної – 2 (—■—) і жирної – 3 (—▲—) для частоти обертання ножового вала 500 об/хв

Як видно з графіка, наведеного на рисунку 3, максимальна величина струму спостерігається у перші хвилини процесу подрібнення. У подальшому спостерігається значне падіння величини струму. У той же час максимальний спад напруги спостерігається також у перші періоди роботи подрібнювача (рис.4).

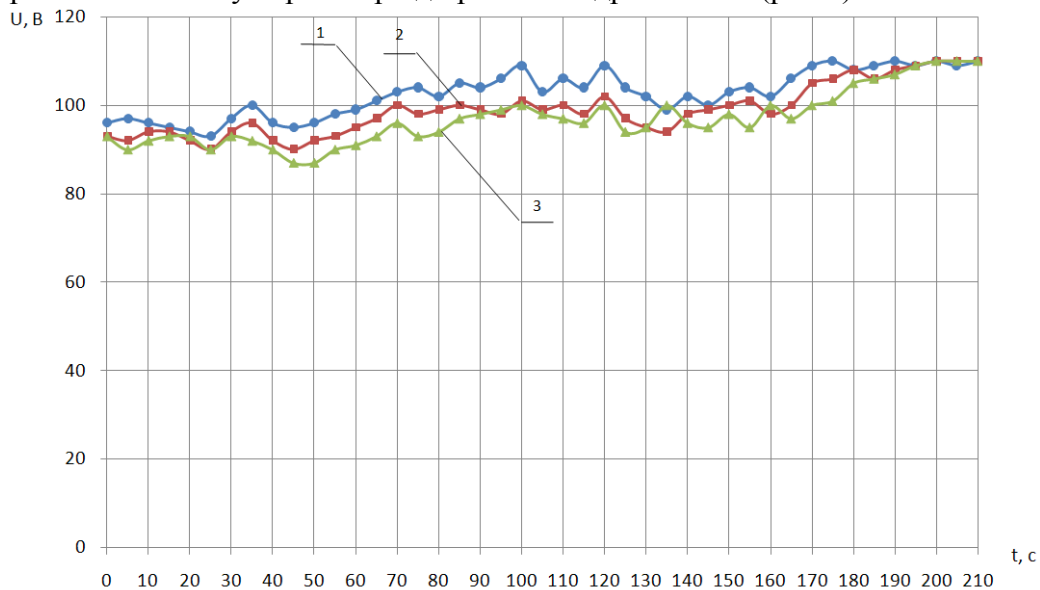


Рисунок 4 – Графіки залежності величини напруги U від часу t при подрібненні свинини пісної – 1 (—●—), напівжирної – 2 (—■—) і жирної – 3 (—▲—) для частоти обертання ножового вала 500 об/хв

Значні коливання струму та напруги, що спостерігаються на графіках протягом всього періоду подрібнення, пов'язані з нерівномірністю розподілу м'ясної сировини у чаші під час різання і нерівномірному потраплянні її під дію різального інструменту.

Графіки залежності потужності, яка затрачається на подрібнення, від часу зображені на рисунку 5.

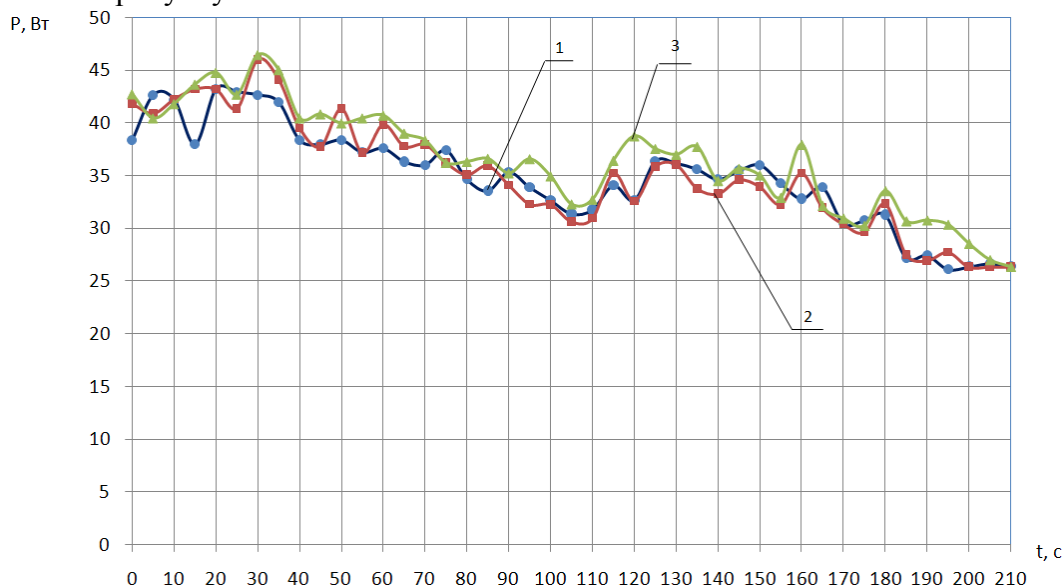


Рисунок 5 – Графіки залежності споживаної потужності P на подрібнення пісної – 1 (—●—), напівжирної – 2 (—■—) і жирної – 3 (—▲—) свинини від часу t при частоті обертання ножового вала 500 об/хв

Як видно з графіків, зображених на рис. 5 та 8, мінімальна необхідна потужність на різання затрачається при подрібненні м'ясної сировини вищого сорту з мінімальним вмістом сполучної та жирової тканини. Якщо вміст таких включень у сировину зростає, то, відповідно, збільшуються затрати потужності на подрібнення сировини.

Крім того, на графіках (рис. 5 та 8) спостерігається значне зменшення енергоспоживання подрібнювача (від 2 до 5 разів) при збільшенні швидкості подрібнення.

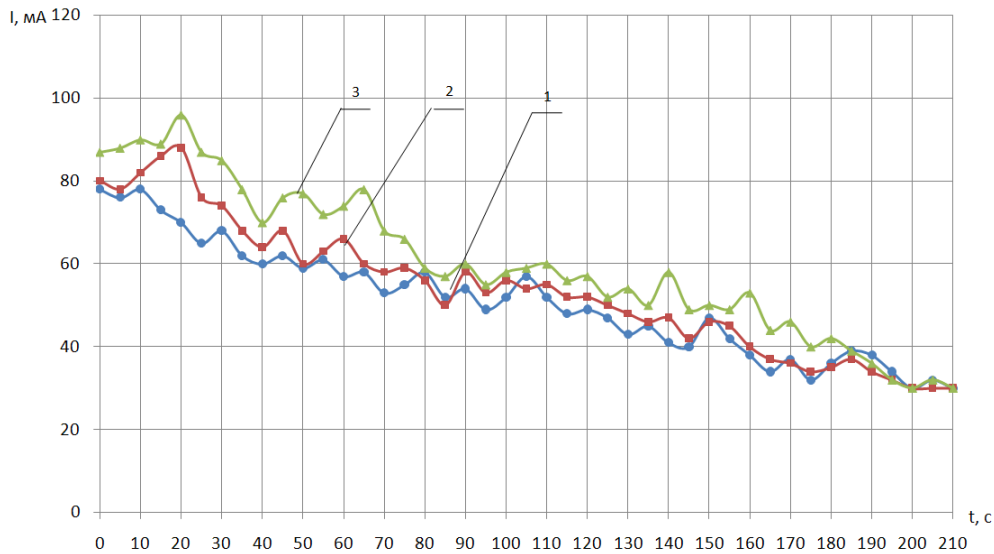


Рисунок 6 – Графіки залежності величини струму I від часу t при подрібненні свинини пісної – 1 (—●—), напівжирної – 2 (—■—) і жирної – 3 (—▲—) для частоти обертання ножового вала 1000 об/хв

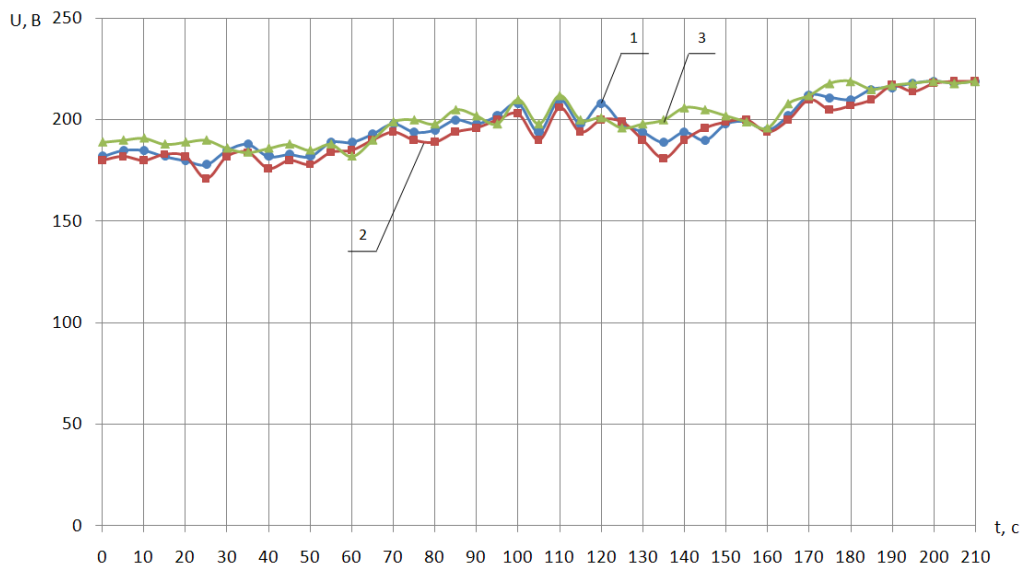


Рисунок 7 – Графіки залежності величини напруги U від часу t при подрібненні свинини пісної – 1 (—●—), напівжирної – 2 (—■—) і жирної – 3 (—▲—) для частоти обертання ножового вала 1000 об/хв

Причиною значного зменшення енергоспоживання подрібнювача при подрібненні з частотою обертання ножового вала 1000 об/хв (рис. 8) у порівнянні з частотою 500 об/хв (рис. 5) є особливості електричної схеми живлення електродвигуна, у зв'язку з чим електродвигун при першому режимі роботи працює у значно недовантаженому режимі. Також однією з причин цього явища є те, що технологічний режим для вказаної сировини при вищій швидкості є більш оптимальним. Недовантаженість електродвигуна призводить до значного підвищення струму в мережі і нераціонального використання електроенергії. Крім того, при підвищеній частоті обертання ножового вала тривалість процесу подрібнення зменшується, а якість подрібненого фаршу вища. Отже, використання подрібнювачів м'яса з неправильно підібраними технологічними режимами різання зі значним недовантаженням двигуна призводить не тільки до значного зростання витрати електроенергії на подрібнення, але й до погіршення якості готового продукту, а також до погіршення техніко-економічних показників продукції підприємства в цілому.

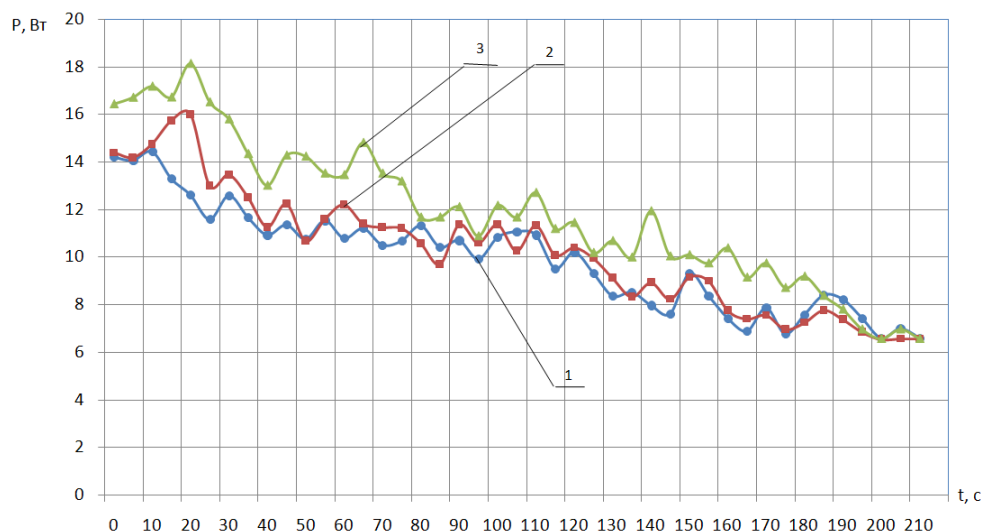


Рисунок 8 – Графіки залежності споживаної потужності P на подрібнення пісної – 1 (—●—), напівжирної – 2 (—■—) і жирної – 3 (—▲—) свинини від часу t при частоті обертання ножового вала 1000 об/хв

Враховуючи те, що потужність ножових подрібнювачів для м'ясної сировини на підприємствах м'ясопереробної промисловості сягає 50-60 кВт, економія електроенергії при раціональному підборі режимів різання та ріжучих інструментів у залежності від виду сировини може позитивно вплинути на собівартість продукції.

У попередніх роботах, які були пов'язані з теоретичними дослідженнями математичної моделі подрібнення, нами було виявлено, що мінімальні затрати енергії спостерігаються, якщо лезо ножів пряме і кут між дотичною до кола та лезом 90^0 , тобто різання рубає без тангенціальної складової. Теоретично таке різання є найбільш економічно вигідним. Однак на практиці таке різання дає хороший результат лише при подрібненні м'яса вищих сортів (без вмісту сполучної тканини) і лише при 100% загостренні леза. Незначне затуплення ріжучої кромки (яке відбувається через декілька хвилин подрібнення) одразу ж погіршує якість подрібнення і підвищує енергоспоживання. Тому різання такими ножами у подрібнювачах практично не застосовують. Краще ведуть себе прямі ножі з кутом між дотичною до кола та лезом 60^0 - 90^0 . Енергоспоживання при подрібненні такими ножами лише незначно більше, а якість подрібнення сировини краща. Однак подрібнення м'яса з деяким вмістом сполучної тканини при незначному затупленні ріжучої кромки також є проблематичним для цих ножів.

Підприємства, виробники подрібнювачів періодичної дії, зазвичай поставляють декілька комплектів спеціальних ножів, призначених для подрібнення того чи іншого виду сировини. Однак у м'ясопереробному виробництві дуже часто один і той же вид сировини, як було сказано вище, може бути неоднорідним, наприклад, м'ясо з включеннями сполучної чи хрящової тканини, шкіри, тому для забезпечення відповідної якості продукції при застосуванні спеціальних ножів необхідно буде проводити процес подрібнення при підвищених енергетичних затратах протягом більш тривалого процесу подрібнення. [5]. Отже, для оптимізації енерговитрат на подрібнення м'ясосировини необхідно підбирати ріжучий інструмент у відповідності до властивостей оброблюваної сировини. Тому запропоновано конструкцію універсальних енергозберігаючих ножів, один з яких представлено у деклараційному патенті України на корисну модель №20041210970 кл. B02C18/20 від 15.07.2005 р.

Тобто при подрібненні у кутерах та ножових подрібнювачах м'ясосировини різних сортів необхідний індивідуальний підхід до вибору ріжучого інструменту. Це може дати суттєву економію електроенергії і робочого часу на м'ясопереробних підприємствах, скоротити виробничі втрати і зменшити собівартість продукції в цілому.

Висновки. На основі аналізу впливу режимів різання та геометрії ножа на якість процесу подрібнення і енергоспоживання можна зробити висновок, що застосовувати під час кутерування одні і ті ж ножі для сировини з різними фізико-механічними та органолептичними характеристиками не рекомендовано, оскільки це призводить до погіршення якості продукції, зайвих енерговитрат і збільшення тривалості подрібнення сировини. Вибір різального інструменту для процесу подрібнення необхідно здійснювати з врахуванням характеристики сировини, яка підлягає обробленню в подрібнювачі. Крім того, підбір оптимальних режимів різання дасть суттєву економію енергії на підприємстві і покращить якість готового продукту.

Література

1. Дуда А.Н. Конструкция куттерных ножей влияет на качество измельчения фарша. – Мясная индустрия. - №10. – 2003. – 68 с.
2. Пелеев И.О. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1971. – 519с.
3. Иванов В.И. и др. Новые режущие устройства куттеров. – М.: Колос, 1986. – 328 с.
4. Клименко М.М., Горбатов А.В. Технологическое оборудование для тонкого измельчения мяса. – М.: Пищевая промышленность, 1972.-236с.
5. Соколов В.Н. Конструирование оборудования пищевых производств.- М.: Пищевая промышленность, 1979.-348с.

Одержано 23.04.2008 р.